

**Monitoring the load of a wind energy plant**

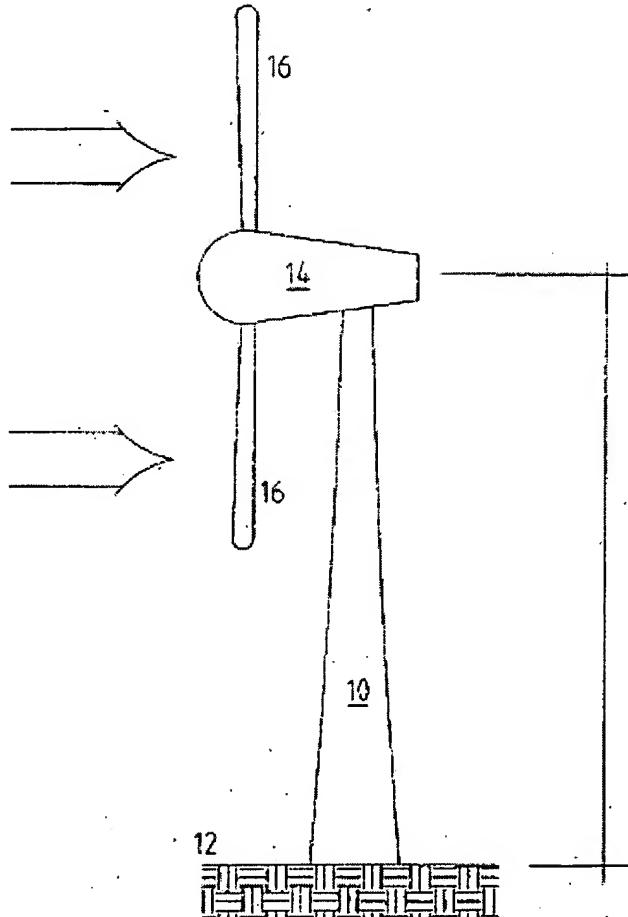
**Patent number:** DE10113039  
**Publication date:** 2002-10-02  
**Inventor:** WOBBEN ALOYS (DE)  
**Applicant:** WOBBEN ALOYS (DE)  
**Classification:**  
- **international:** F03D7/02; G01L1/22; G01M5/00  
- **european:** F03D7/00; F03D7/02D; F03D11/00  
**Application number:** DE20011013039 20010317  
**Priority number(s):** DE20011013039 20010317

**Also published as:**

- WO02079645 (A1)
- EP1373721 (A1)
- US2004112131 (A1)
- CA2440875 (A1)
- NO20034113 (L)

**Report a data error here****Abstract of DE10113039**

The invention relates to a device for monitoring a wind energy plant, comprising at least one sensor for detecting measured values, and to a method for monitoring a wind energy plant, wherein a) a measured value is detected by at least one sensor, b) said measured value is transformed into a signal representing said measured value, and c) the signal is stored and/or processed according to a given method. In order to provide a device and a method enabling reliable detection of the load of a tower of a wind energy plant, at least one sensor (20) is provided for detection of the load of the tower (10), said sensor (20) being arranged in the vicinity of the foot of the tower. The momentary load of the wind energy plant is also determined from the signal representing the measured value determined by the sensor.



---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑰ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 101 13 039 A 1

⑮ Int. Cl. 7:  
**F 03 D 7/02**  
G 01 L 1/22  
G 01 M 5/00

DE 101 13 039 A 1

⑯ Aktenzeichen: 101 13 039.2  
⑯ Anmeldetag: 17. 3. 2001  
⑯ Offenlegungstag: 2. 10. 2002

DL

⑯ Anmelder:  
Wobben, Aloys, Dipl.-Ing., 26607 Aurich, DE  
⑯ Vertreter:  
Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

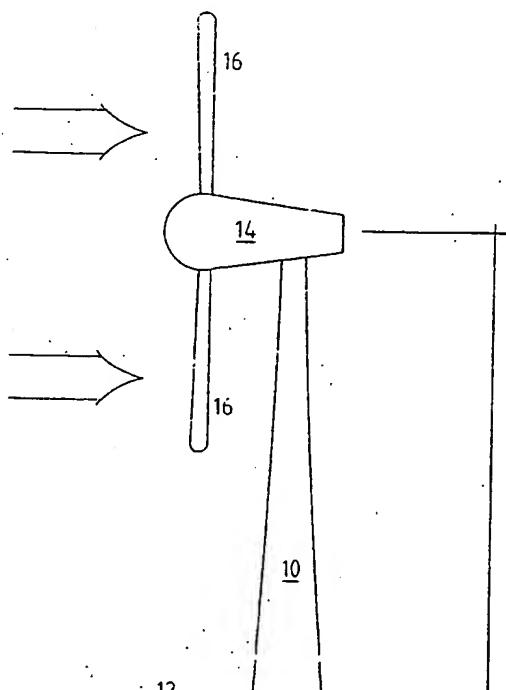
⑯ Erfinder:  
gleich Anmelder  
⑯ Entgegenhaltungen:  
DE 198 60 215 C1  
DE 33 08 566 C2  
DD 2 52 640 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Windenergieanlage

⑯ Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung einer Windenergieanlage mit wenigstens einem Sensor zur Erfassung von Messwerten und ein Verfahren zur Überwachung einer Windenergieanlage, bei welchem a) mit wenigstens einem Sensor ein Messwert erfasst wird, b) dieser Messwert in ein den Messwert repräsentierendes Signal umgewandelt wird, und c) das Signal gespeichert und/oder nach einem vorgegebenen Verfahren verarbeitet wird. Um eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, die eine zuverlässige Erfassung der Belastung des Turmes einer Windenergieanlage ermöglichen, ist wenigstens ein Sensor 20 zur Erfassung der Belastung des Turmes 10 vorgesehen, wobei der Sensor 20 im Bereich des Turmfußes angeordnet ist. Weiterhin wird aus dem den vom Sensor ermittelten Messwert repräsentierendem Signal die Momentanbelastung der Windenergieanlage ermittelt.



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Windenergieanlage mit einer Vorrichtung zur Überwachung, mit wenigstens einem Sensor zur Erfassung von Messwerten und weiterhin ein Verfahren zur Überwachung einer Windenergieanlage, bei welchem a) mit wenigstens einem Sensor ein Messwert erfaßt wird, b) dieser Messwert in ein den Messwert repräsentierendes Signal umgewandelt wird und c) das Signal gespeichert und/oder nach einem vorgegebenen Verfahren verarbeitet wird.

[0002] Solche Vorrichtungen und Verfahren sind im Stand der Technik bekannt. In der bei SunMedia Verlags- und Kongreßgesellschaft für Erneuerbare Energien mbH Hannover, erscheinenden Zeitschrift "Erneuerbare Energien", Heft 7/2000, Seite 38, ist in einem Beitrag mit der Überschrift "Knackt der Rotor den Turm" eine Schwingungsüberwachung mittels Beschleunigungsmessung erwähnt.

[0003] In dem Heft Nr. 5/2000 dieser Zeitschrift ist auf Seite 37 in Absatz 2 beschrieben, dass es sich bei den heute von mehreren Herstellern angebotenen Schwingungswächtern um Beschleunigungsaufnehmer handelt. Weiterhin wird dort ein Verfahren beschrieben, bei dem mittels einer Elektronik gezielt gefährliche Frequenzen verstärkt werden.

[0004] Dieser Stand der Technik erlaubt eine Erfassung von Schwingungen des Turmkopfes in bestimmten Frequenzbereichen. Diese Schwingungen bilden einen Teil der Belastungen des Turmes. Dabei ist der Turm für eine vorgegebene Summe an Belastungen während seiner vorgesehenen Lebensdauer von z. B. 20 Jahren ausgelegt.

[0005] Jede Belastung leistet einen Beitrag zur Materialermüdung. Daher ist leicht nachvollziehbar, dass an Standorten mit einer Vielzahl hoher Belastungen die Ermüdung schneller voranschreitet, als bei Standorten mit wenigen, geringen Belastungen.

[0006] Hier ergibt sich also bei angenommenem gleichem zeitlichen Alter der Türme ein unterschiedliches "mechanisches" Alter. Dabei kann es vorkommen, dass der geringer belastete Turm bei Erreichen seiner zeitlichen Altersgrenze von 20 Jahren mechanisch erst eine Belastung erfahren hat, die bei der Auslegung bereits nach 18 Jahren vorgesehen war, so dass er durchaus noch in Betrieb bleiben kann. Natürlich ist auch der umgekehrte Fall denkbar, bei dem ein Turm bereits nach 18 Jahren ein mechanisches Alter von 20 Jahren erreicht hat.

[0007] Mit den bisherigen Einrichtungen kann das mechanische Lebensalter eines Turmes noch nicht ausreichend erfasst werden, so dass letztlich auch nur vage Abschätzungen über die Lebensdauer eines Turms und damit eines der wichtigsten Anlagenteile der Windenergieanlage vorgenommen werden können.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, welches eine zuverlässige Erfassung der Belastung der Windenergieanlage sowie eine zuverlässige Abschätzung von wichtigen Teilen der Windenergieanlage ermöglicht.

[0009] Die Aufgabe wird erfahrungsgemäß mit einer Windenergieanlage mit dem Merkmal nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0010] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass alle Lasten, die an einer Windenergieanlage auftreten, auf den Turm der Anlage einwirken. Wenn der Turmfuß das halbe Lastkollektiv erfahren hat, können die übrigen Komponenten wie Blätter, Maschinenträger, Turmkopf, Turm, etc. kaum einen signifikant höheren Anteil des Lastkollektivs erfahren haben.

Situation mit einer Windgeschwindigkeit von beispielsweise 4 m/s entsprechen, während die Last an anderen Komponenten zum Beispiel einer Windgeschwindigkeit von 8 m/s entspricht. Eine Erfassung der Belastung des Turmes erlaubt also einen Rückschluss auf die Belastungen, denen die Windenergieanlage an ihrem Standort insgesamt ausgesetzt ist.

[0012] Da die Windenergieanlage vereinfacht als einseitig eingespannter Stab betrachtet werden kann, ist die Summe aller auf die Windenergieanlage einwirkenden Lasten am Turmfuß erfassbar. Eine Anordnung wenigstens eines Sensors im Bereich des Turmfußes ermöglicht also eine zuverlässige Erfassung der Belastung der Windenergieanlage. Gleichzeitig ist der Sensor ohne Hilfsmittel und ohne großen Aufwand erreichbar.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Erfassung der Belastung durch einen auf DMS (Dehnungsmessstreifen) basierenden Sensor. Durch einen solchen Sensor kann mit ausreichender Genauigkeit unter Verwendung einer bekannten und erprobten Technik die Belastung zuverlässig erfasst werden.

[0014] Die von den Dehnungsmessstreifen erfasseten Messwerte werden besonders bevorzugt in analoge oder digitale elektrische Signale umgewandelt, welche die Messwerte repräsentieren. Diese Signale können auf einfache Weise übertragen und weiterverarbeitet werden.

[0015] Eine solche Weiterverarbeitung kann ein Vergleich mit einem Grenzwert sein, um z. B. Last-Maxima oder das Erreichen bzw. Überschreiten vorgebbarer Lastgrenzen erkennen zu können. Weiterhin können die Messwerte kumuliert und für eine folgende Verarbeitung bzw. Auswertung gespeichert werden.

[0016] Natürlich kann auch das Ergebnis der Kumulation wiederum mit einem vorgebbaren Grenzwert verglichen werden. Auf diese Weise lässt sich die Belastung der Anlage in Relation zu den Auslegungslasten betrachten und somit eine Abschätzung des mechanischen Lebensalters der Anlage vornehmen.

[0017] Weiterhin wird das eingangs erwähnte Verfahren derart weitergebildet, dass aus dem Signal des Sensors die Momentanbelastung der Windenergieanlage ermittelt wird. Da bei umfangreichen Messungen am Prototyp einer Windenergieanlage auch die Korrelation der Lastsituationen an verschiedenen Komponenten der Windenergieanlage ermittelt werden, stehen Daten zur Verfügung, die einen Rückschluss aus der Turmfußlast auf die Last der übrigen Komponenten erlauben. Durch eine Kumulation aller ermittelten Belastungen kann die Gesamtbelaistung der Windenergieanlage und damit ihr mechanisches Lebensalter ermittelt werden.

[0018] Durch eine Korrelation der momentanen Belastung mit dem momentanen Wind kann überprüft werden, ob die ermittelte Momentanbelastung der Windenergieanlage einer in etwa erwarteten Größenordnung entspricht. Auf diese Weise kann die einwandfreie Funktion der erfahrungsgemäßen Vorrichtung überwacht werden.

[0019] Die gemessenen Belastungsdaten können in einer Steuerungseinrichtung der Windenergieanlage auch derart weiterverarbeitet werden, dass bei Auftreten einer Überlastung die Steuerungseinrichtung Maßnahmen ergreift, die zu einer Verringerung der Belastung führen. Eine solche Verringerung der Belastung kann beispielsweise durch Verstellung der Rotorblätter (aus dem Wind) erfolgen, oder auch durch eine Reduzierung der Drehzahl des Rotors der Windenergieanlage. Auch könnte zur Verringerung der Belastung der gesamte Rotor der Windenergieanlage um einen bestimmten Winkel aus dem Wind gedreht werden.

Angabe der von der Windenergieanlage bisher erfahrenen Lastsumme in Relation zu den Auslegungslasten. Diese Relation kann ebenso wie einzelne Messwerte und/oder die kumulierte Belastung in der Anlage gespeichert und/oder verarbeitet werden. Weiterhin können diese Daten z. B. regelmäßig zu einer entfernten Stelle wie einer Fernüberwachung übertragen oder von dort abgefragt werden.

[0021] Im Folgenden wird eine beispielhafte Ausführungsform der Erfindung erläutert. Dabei zeigen:

[0022] Fig. 1 eine vereinfachte Darstellung einer Windenergieanlage;

[0023] Fig. 2 eine Anordnung von Sensoren; und

[0024] Fig. 3 ein Ablaufdiagramm des erfundungsgemäßen Verfahrens.

[0025] Fig. 1 zeigt einen Turm 10 einer Windenergieanlage, der mit einem Fundament 12 verbunden ist. Am Kopf des Turmes 10 ist eine Gondel 14 angeordnet, die einen Rotor mit Rotorblättern 16 aufweist. Der Pfeil deutet in dieser Figur die Windrichtung an.

[0026] Durch den Wind wird einerseits der Rotor und damit der nachfolgend mechanisch gekoppelte Teil der Windenergieanlage in Rotation versetzt, um elektrische Energie zu erzeugen. Gleichzeitig wird aber durch den Winddruck einerseits der Turm 10 beaufschlagt und andererseits die Gondel 14 mit dem Rotor in Richtung des Windes ausgelenkt. Dadurch entsteht an dem einseitig eingespannten Turm 10 über den Hebelarm der Turmlänge am Fundament 12 ein Biegemoment.

[0027] Durch die Kraftwirkung am Turmkopf ergibt sich ein Kraftverlauf über die gesamte Turmlänge, so dass die Wechsellasten bzw. Schwingungen entsprechende Materialermüdung bewirken.

[0028] In Fig. 2 ist eine Anordnung von zwei Sensoren 20 im Bereich des Turmfußes angezeigt. Diese Sensoren 20 können z. B. auf der Basis von DMS (Dehnungsmessstreifen) arbeiten und die Beanspruchung am Turmfuß erfassen. Diese Beanspruchung lässt einen recht genauen Rückschluss auf die Gesamtbeanspruchung der Windenergieanlage zu. Statt der Anordnung von nur zwei Sensoren kann es u. U. auch vorteilhaft sein, eine Vielzahl von Sensoren über den Umfang des Turmfußes verteilt anzubringen, um somit für eine Vielzahl von Hauptwindrichtungen Sensoren so zur Verfügung zu stellen, dass diese die jeweiligen auftretenden maximalen Zug/Drucklasten auf den Turmfuß ermitteln können.

[0029] Ferner können die mit den Sensoren ermittelten Signale/Daten in einer Steuerungseinrichtung der Windenergieanlage (nicht dargestellt) so weiterverarbeitet werden, dass bei einmaliger, mehrfacher oder zeitweiser Überschreitung von vorgegebenen Maximalwerten die gesamte Belastung der Windenergieanlage herabgesetzt wird, indem beispielsweise mittels der Steuerung die Drehzahl des Rotors der Windenergieanlage verringert wird und/oder die einzelnen Rotorblätter um einen vorbestimmten Winkel so aus dem Wind gedreht werden, dass die durch den Rotor bzw. dessen Widerlassung einwirkende Belastung herabgesetzt wird.

[0030] Diese zweite Einrichtung 40 kann die elektrischen Signale erfassen und auswerten bzw. verarbeiten. Die Messwerte können z. B. mit einem ersten Grenzwert verglichen werden, der eine vorgegebene Belastungsgrenze markiert. Erreicht oder überschreitet der Messwert diesen ersten Grenzwert, kann ein Signal ausgelöst werden, dass eben dieses anzeigt.

[0031] Tritt eine solche Errichtung/Überschreitung des Grenzwertes, also im vorliegenden Beispiel einer Belastungsgrenze, wiederholt auf, erlaubt dies den Rückschluss auf eine systematische Abweichung von vorher getroffenen

Belastungsannahmen.

[0032] Daraufhin kann die Ursache dafür, wie z. B. eine falsche Steuerung der Windenergieanlage oder eine standortabhängige Extrem situation, eingegrenzt werden, so dass 5 Abhilfe geschaffen werden kann.

[0033] Durch eine fortgesetzte, kumulierte Aufzeichnung und dem kontinuierlichen Vergleich mit den Auslegungslasten kann die mechanische Alterung des Turmes ständig überwacht werden.

[0034] Die Speicherung der Belastungsdaten hat auch den Vorteil, das bei eventuell auftretendem Schaden am Turm der Windenergieanlage leichter der Nachweis geführt werden kann, ob bestimmte Überlastphasen eingetreten sind und die maximal auftretenden Belastungen eingehalten wurden.

[0035] Schließlich ist es auch von Vorteil, wenn die gemessenen Lastdaten einer Windenergieanlage zentral erfasst werden und für den Fall, dass die gemessenen Belastungsdaten häufig oder ständig einen bestimmten Maximalwert

20 überschreiten, können seitens des Betreibers rechtzeitige Maßnahmen ergreift werden, die die vorzeitige mechanische Alterung des Turmes verhindern. Eine solche Maßnahme kann beispielsweise auch darin bestehen, bestimmte Elemente der Windenergieanlage, auch z. B. den Turm zu verstärken.

[0036] Statt eines Dehnungsmessstreifens kann zur Belastungserfassung auch jedwede andere Vorrichtung verwendet werden, mittels derer sich Zugkräfte und/oder Druckkräfte und/oder Torsionskräfte und/oder Schwingungen 30 bzw. deren Amplituden im Turm, insbesondere der Turmspitze einer Windenergieanlage erfassen lassen.

[0037] Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm eines erfundungsgemäßen Verfahrens. Der Ablauf beginnt mit dem Schritt 50 und in Schritt 51 wird der Messwert erfasst. In Schritt 52 wird der erfassene Messwert mit einem ersten Grenzwert verglichen. Übersteigt der Messwert diesen ersten Grenzwert, wird eben dieses in Schritt 53 angezeigt. Übersteigt der Messwert den ersten Grenzwert nicht, wird der Schritt 53 übersprungen.

[0038] In Schritt 54 werden die Messwerte kumuliert, so dass die bisher von der Windenergieanlage erfahrene Gesamtbelastung ermittelt wird. Diese Gesamtbelastung wird in Schritt 55 in Relation zu den Auslegungslasten gesetzt. Daraus lässt sich das mechanische Lebensalter ablesen, also 45 das von der Windenergieanlage bereits erfahrene Lastkollektiv in Relation zu dem Auslegungs-Lastkollektiv. Diese Relation wird in Schritt 56 dargestellt, bevor der Ablauf in Schritt 57 endet.

[0039] Die Darstellung kann z. B. nach einer Datenübermittlung in einer Fernüberwachungszentrale oder bei dem Betreiber der Windenergieanlage erfolgen und die Form einer Balkengrafik, einer Tortengrafik oder jede andere geeignete Darstellungsform haben.

55

#### Patentansprüche

1. Windenergieanlage mit einer Vorrichtung zur Überwachung der Belastung von Teilen der Windenergieanlage oder der gesamten Windenergieanlage, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung bevorzugt im Bereich des Turmfußes der Windenergieanlage angeordnet ist und insbesondere Mittel aufweist, mit denen die Belastungen des Turmes im Bereich des Turmfußes messbar sind.

2. Windenergieanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Erfassung der Belastung des Turmes im Bereich des Turmfußes ein

ist.

3. Windenergieanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Windenergieanlage eine Steuerungseinrichtung aufweist, welche die zu messenden Daten zur Erfassung der Belastung des Turmes verarbeitet und die Windenergieanlage so steuert, dass eine Reduzierung der Drehzahl des Rotors der Windenergieanlage und/oder eine Herabsetzung der Belastung der Windenergieanlage mittels Verstellung der Rotorblätter erfolgt, wenn die gemessenen 10 Daten einmal, mehrmals und/oder über einen gewissen Zeitraum einen bestimmten Maximalwert überschreiten.

4. Verfahren zur Überwachung einer Windenergieanlage, bei welchem mittels eines Messwertdatenaufnehmers 15 Daten für die Belastung auf die Windenergieanlage erfasst werden, die Messwertdaten gespeichert und/oder nach einem vorgegebenen Verfahren verarbeitet werden und aus den Messwertdaten die Momentanbelastung der gesamten Windenergieanlage ermittelt wird.

5. Windenergieanlage nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine erste Einrichtung (30) zur Umwandlung der (von dem Sensor (20)) erfassten Messwerte in analoge oder digitale elektrische Signale, welche die Messwerte repräsentieren.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine zweite Einrichtung (40) zur Erfassung der elektrischen Signale und zum Vergleichen des durch das Signal repräsentierten Messwertes mit wenigstens 30 einem vorgebbaren ersten Grenzwert und zum Anzeigen, wenn der Grenzwert erreicht oder überschritten wird; und/oder zum Speichern und/oder Kumulieren der durch das elektrische Signal repräsentierten Messwerte.

7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zur Übertragung von Signalen, welche einzelne Messwerte und/oder die kumulierten Messwerte und/oder eine Relation der kumulierten Messwerte zu einem vorgebbaren 40 zweiten Grenzwert darstellen.

8. Verfahren zur Überwachung einer Windenergieanlage, bei welchem

- a) mit wenigstens einem Sensor (20) ein Messwert erfassiert wird
- 45 b) dieser Messwert in ein den Messwert repräsentierendes Signal umgewandelt wird, und
- c) das Signal gespeichert und/oder nach einem vorgegebenen Verfahren verarbeitet wird,

dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Signal die Momentanbelastung am Turmfuß der Windenergieanlage ermittelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Momentanbelastungen kumuliert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelte Momentanbelastung mit dem momentan gemessenen Wind korreliert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Messwert mit einem 60 vorgebbaren ersten Grenzwert verglichen und ein Erreichen oder Überschreiten des Grenzwertes angezeigt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die kumulierten Messwerte 65 in Relation zu einem vorgebbaren zweiten Grenzwert gesetzt werden.

zeichnet, dass die Relation zwischen den kumulierten Messwerten und dem zweiten Grenzwert dargestellt wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

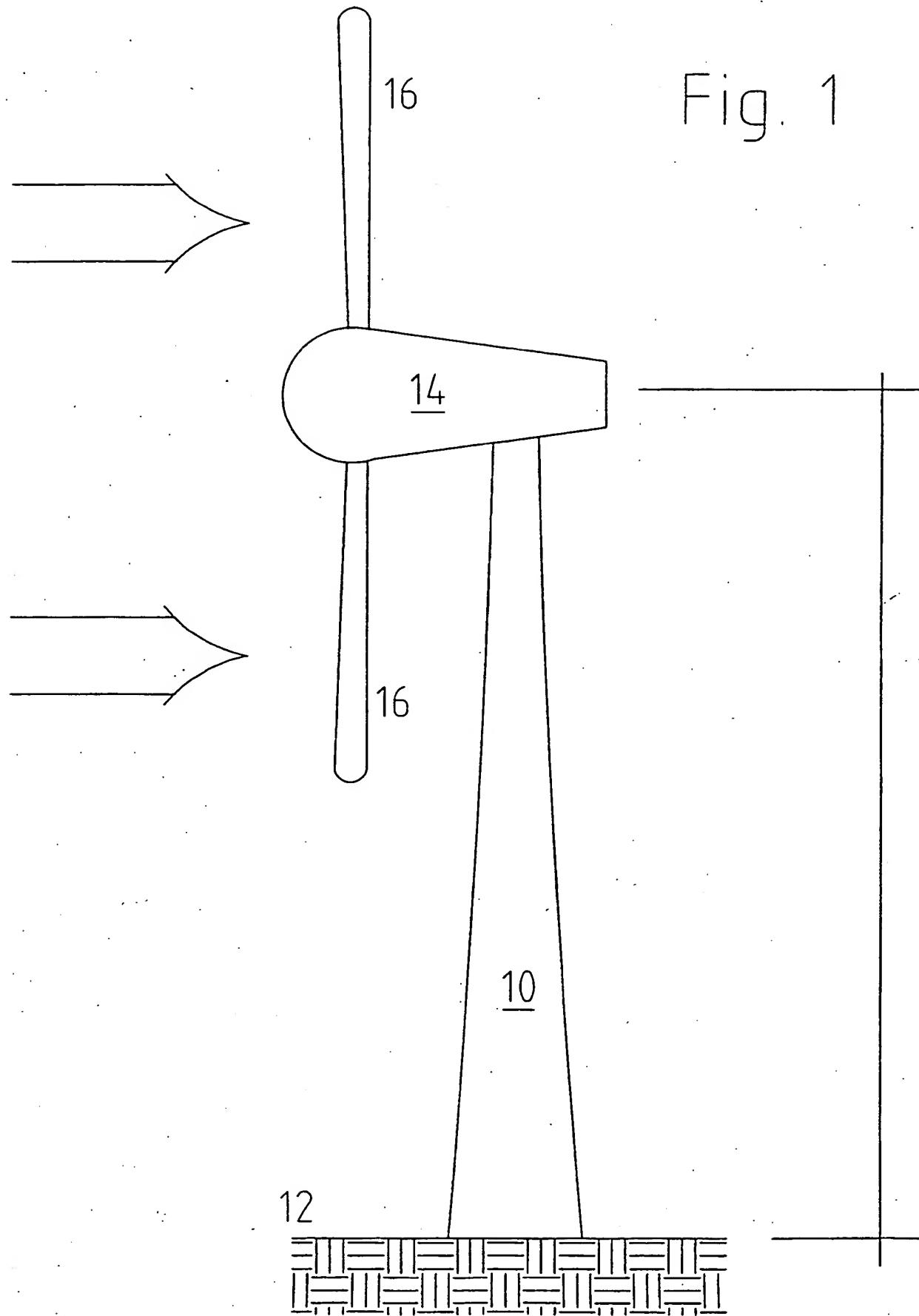


Fig. 2a

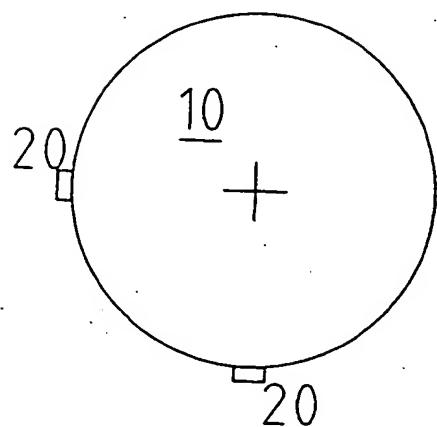
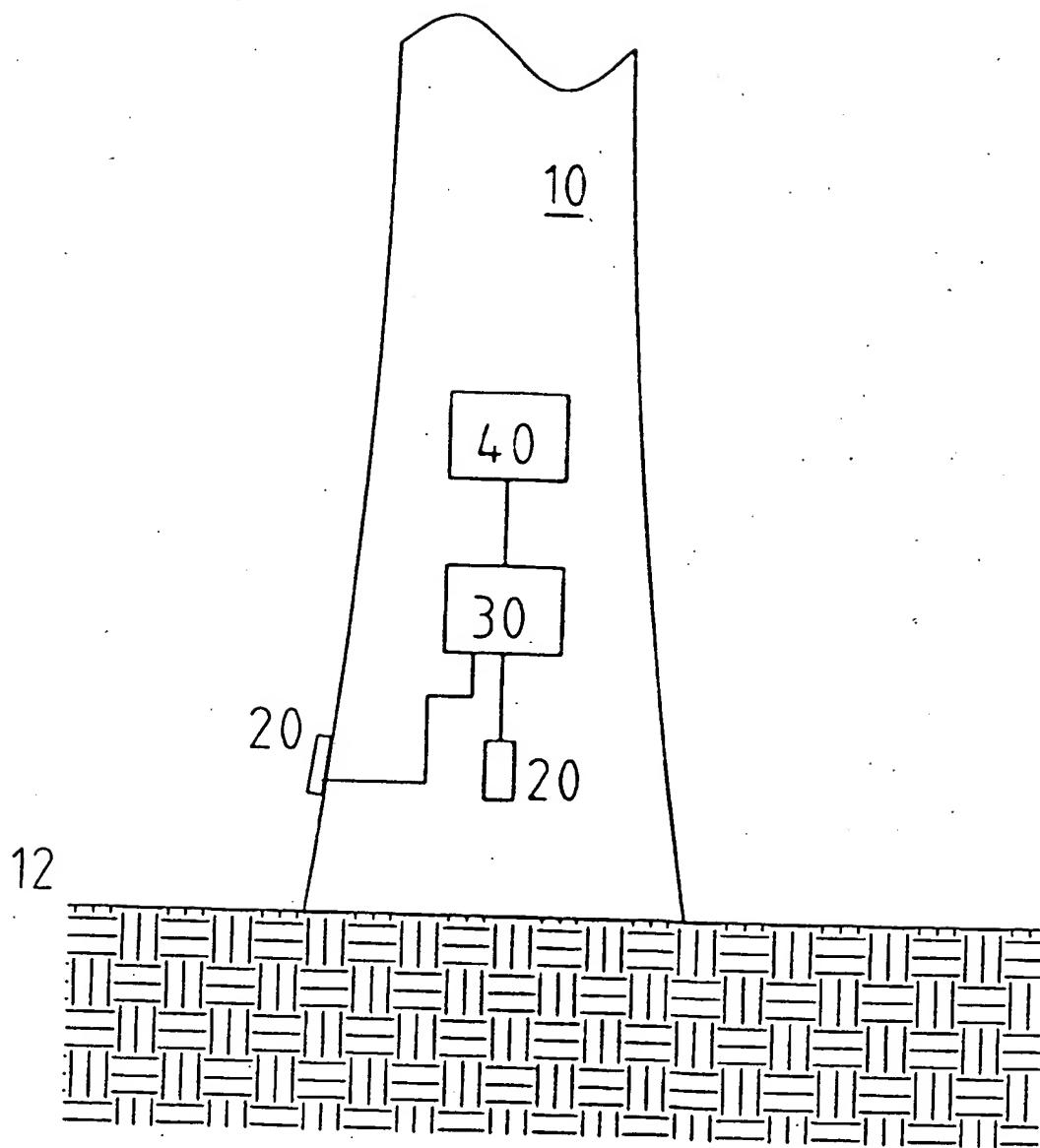


Fig. 2



12

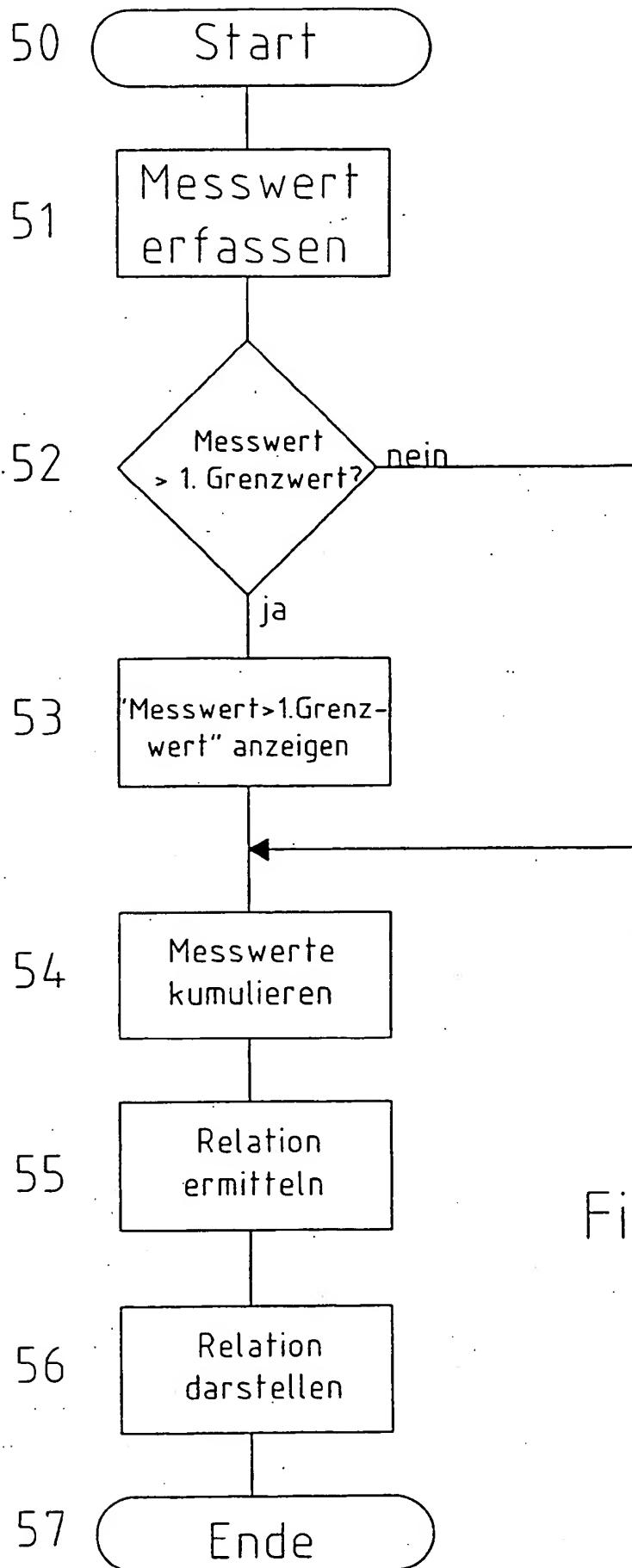


Fig. 3